An aerial photograph of a city, likely Guatemala, showing a dense urban area with a grid pattern overlay. The grid lines are white and curved, creating a sense of depth and perspective. The city is surrounded by hills and mountains, and the sky is a clear blue.

DE LA REALIDAD OBJETIVA A LA REALIDAD AUMENTADA EN ARQUITECTURA HISTÓRICA GUATEMALTECA Época Maya Preclásica Época Colonial

Dr. Danilo Ernesto Callén Álvarez

Dirección de Investigación
de la Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

720.97281

C157

Callén Álvarez, Danilo Ernesto

De la realidad objetiva a la realidad aumentada

en arquitectura histórica guatemalteca : 1º semes-

tre 2018 época maya preclásica : 2º semestre

2018 época colonial. -- Guatemala : Dirección de

Investigación, Facultad de Arquitectura , USAC,

2020.

83 p. ; 25.4 cm.

ISBN

1. REGISTRO PATRIMONIAL -GUATEMALA.

2. ARQUITECTURA-HISTORIA. 3. MODELOS VIRTUALES

Dirección de Investigación
de la Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decano Facultad de Arquitectura

MSc. Arq. Edgar López Pazos

Director de DIFA

Dr. Arq. Mario Raúl Ramírez de León



Todos los derechos reservados.
Ciudad de Guatemala, 2020.

Diseño y diagramación

Como parte de una colaboración
de la Escuela de Diseño Grafico en
la realización del EPS 2020.

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Arquitectura,
Universidad de San Carlos de Guatemala
Edificio T2, Ciudad Universitaria,
zona 12. Ciudad de Guatemala,
Guatemala, América Central. 01012.
www.farusac.edu.gt

2020

**DE LA REALIDAD OBJETIVA A
LA REALIDAD AUMENTADA EN
ARQUITECTURA HISTÓRICA GUATEMALTECA
Época Maya Preclásica
Época Colonial**

Dr. Danilo Ernesto Callén Álvarez

Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala



Contenido

Resumen 10

Palabras clave 10

Abstract 11

Keywords 11

1. Introducción 14

Marco Teórico 18

2. Método 21

3. Resultados 39

4. Discusión 42

5. Agradecimientos 46

6. Bibliografía 48

7. Anexos 50



Resumen

El modelado virtual de monumentos históricos que se ha realizado en FARUSAC, ha tenido ya un desarrollo considerable. En los últimos 10 años se han elaborado en distintas unidades académicas como Diseño Arquitectónico, Teoría e Historias, Unidad Digital, CIFA o Posgrados, con objetivos distintos, reconociéndose una línea conductora metodológica desde que se propuso un procedimiento específico en una serie de tesis de Posgrado: Maestría en Restauración de Monumentos. Y Maestría en Diseño Arquitectónico.

Pero los programas de modelado han ido evolucionando y permiten cosas hasta hace poco impensables. Texturas fotográficas vectorizadas, estudios dinámicos de luz en tiempo acelerado, imágenes térmicas, por citar unos ejemplos. Eso hace necesaria una revisión y actualización de las técnicas y métodos utilizados.

El programa de dibujo y modelado preferido en los medios académicos ha sido *Auto-CAD*, pero ha evolucionado hacia *Revit* que desplaza muchas de las funciones del anterior y se alista para nuevas plataformas con nuevos productos digitales que abarcan lo que ellos llaman Siete Dimensiones.

Programas de visualización de modelos como *Photo Shop*, *3D Max*, o *SketchUp* también han debido desarrollarse por el aparecimiento de programas emergentes como *Lumion*, *Rhino*, *Grasshopper*.

La Fotografía Digital por su cuenta ha dado saltos evolutivos considerables en los últimos 5 años y ahora se cuenta con programas de captura y modelado 360° que procesan imágenes directamente desde la cámara digital. Por ejemplo, los programas *Recap*, *Remake*, *Sketchfab*.

Este artículo presenta una nueva metodología para elaborar modelos digitales de registro patrimonial proponiendo una nueva secuencia: Realidad Objetiva, Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Palabras clave: Modelos virtuales, registro de patrimonio, arquitectura histórica



Abstract

The virtual modeling of historical monuments that has been carried out in FARUSAC has already had a considerable development. In the last 10 years they have been developed in different academic units such as Architectural Design, Theory and Histories, Digital Unit, DIFA or Postgraduate, with different objectives, recognizing a methodological guiding line since a specific procedure was proposed in a series of Postgraduate theses : Master in Restoration of Monuments. And Master in Architectural Design.

But modeling programs have evolved and allow things until recently unthinkable. Vectorized photographic textures, dynamic studies of light in accelerated time, thermal images, to name a few. This necessitates a review and update of the techniques and methods used.

The preferred drawing and modeling program in academic media has been Auto-CAD, but it has evolved into Revit that displaces many of the previous functions and is getting ready for new platforms with new digital products that encompass what they call Seven Dimensions.

Display programs of models such as Photo Shop, 3D Max, or SketchUp have also had to change due to the emergence of emerging programs such as Lumion, Rhino, Grasshopper.

Digital Photography on its own has made considerable evolutionary leaps in the last 5 years and now it has 360 ° capture and modeling programs that process images directly from the digital camera. For example, the Recap, Remake, Sketchfab programs.

This article presents a new methodology to develop digital models of heritage registration proposing a new sequence: Objective Reality, Virtual Reality and Augmented Reality.

Key words: Virtual models, heritage registration, historical architecture

vaxhén

1. Introducción





En el año 2007, el investigador responsable de esta investigación presentó las tesis de maestría tituladas: Reconstrucción Virtual de la Sagrada Isla Topoxté. Y Aplicación de Referentes de Arquitectura Prehispánica a Proyectos de Arquitectura Actual. Documentos en los que se plantea un procedimiento metodológico para la elaboración de modelos virtuales tridimensionales partiendo de información científica fidedigna, Realidad Objetiva o R.O. Llegando a proporcionar vivencias espaciales virtuales a manera de hipótesis formales en las que la interpretación personal juega un papel determinante. Planteando con ello procedimientos de conservación y restauración no invasiva, en la que incluso el registro de daños y alteraciones se realiza literalmente sin tocar a los edificios.

A partir de esos ejercicios académicos, se plantearon

otros proyectos de modelación de sitios, utilizando los mismos procedimientos metodológicos, por parte de estudiantes *in fieri* de la carrera de Arquitectura. Se trabajaron entonces modelos virtuales de edificios particulares de Yaxha, aprovechando la apertura de una línea temática de la que se llamaba en aquel entonces CIFA (Centro de investigaciones de la Facultad de Arquitectura USAC), mismos que dieron empuje a la elaboración de una tesis doctoral aprobada por UNAM.

CIFA también avaló investigaciones en DIGI (Dirección General de Investigaciones USAC) con la temática de la modelación virtual, y promovió el trabajo de modelación de otros sitios como Naranjo, con procedimientos ligeramente diferentes.

Sin embargo, más de diez años después, la tecnología ha

“los elementos físicos tangibles se combinan con elementos virtuales, para lograr de esa manera crear una realidad aumentada en tiempo real.”

evolucionado y existen otras formas de registro del patrimonio edificado que permiten elaborar modelos en R.V. (Realidad Virtual) que llegan incluso a lo que había sido considerado como un sueño para los modeladores: La R.A. (Realidad Aumentada), entendiéndose esta como la visión de un entorno físico del mundo real a la que se le sobrepone una virtual, a través de una serie de dispositivos tecnológicos. En otras palabras, los elementos físicos tangibles se combinan con elementos virtuales, para lograr de esa manera crear una realidad aumentada en tiempo real que se puede “proyectar” en imágenes holográficas o visualizar con dispositivos especiales que generan sensaciones visuales muy parecidas a la realidad objetiva combinando percepciones visivas.

Se propuso entonces realizar una actualización de procedimientos y equipos con el obje-

tivo de registrar edificaciones patrimoniales guatemaltecas de distintos períodos, programando cuatro semestres para hacerlo, organizados de la siguiente manera: Primer semestre para arquitectura prehispánica, segundo semestre para arquitectura colonial. Contando para ello, con 2 horas de contratación docente en esos dos semestres. Otros dos semestres servirían para registro de arquitectura de la época independiente en Guatemala y para la arquitectura contemporánea; pero no se presentan los resultados en esta publicación porque no se contó con más contrataciones.

Se pudieron realizar levantamientos fotogramétricos de edificaciones de la época prehispánica en El Mirador y Yaxha en El Petén; además de modelaciones con métodos tradicionales, sin nubes de puntos, de muchos sitios prehispánicos preclásicos, clásicos y posclásicos, con

la colaboración de estudiantes de arquitectura USAC.

Para la época colonial, Puente de Los Esclavos, Iglesia de la Recolección, Iglesia San José el Viejo en Antigua Guatemala, e Iglesia Vieja de Chiquimula, Iglesia de Quetzaltenango, con la colaboración de estudiantes *in fieri*.

Se contó con la participación de estudiantes de grado de Farusac además de profesionales de la Universidad Federico II di Napoli y Universidad de Jaén, España, ampliando los intereses en temas de registro de edificaciones históricas patrimoniales. Para ello se elaboró una carta de intención que involucra otras instancias como Osservatorio Centro Storico di Napoli UNESCO, Università di Salerno, que está sirviendo de marco jurídico para el desarrollo de modelados virtuales de otros proyectos, tales como:

En Italia: Real Sito di Carditello, Piazza del Plebiscito, Castell Nuovo (Nápoles).

En España: Templo Mozárabe de Bobastro (Málaga), Emplazamiento Púnico de Cástulo (Linares).

En Guatemala: Pirámide de La Danta (Mirador, Petén), Grupo Maler (Yaxha, Petén); Puente de Los Esclavos (Sta. Rosa), Iglesias de La Recolección, Nuestra Señora de los Dolores del Cerro, San José El Viejo (Antigua Guatemala).

En virtud de que se espera dar continuidad con la arquitectura de la época independiente y contemporánea guatemalteca, se aprovechó la presencia de profesionales técnicos europeos y guatemaltecos para realizar levantamientos fotogramétricos con los nuevos procedimientos, de arquitectura del Neoclásico en Guatemala: Municipalidad de Quetzaltenango.

Además, se están haciendo las gestiones para continuar

con las modelaciones virtuales por medio de nubes de puntos (nuevo procedimiento) en: Castillos de la Línea de Fuego de Jaén, Castillos de Aragón (España); y Villa Jovis, la mansión del Emperador Tiberio en la isla de Capri (Italia)

MARCO TEÓRICO

Por muy importantes y documentados que lleguen a ser los planteamientos hipotéticos formales sobre edificaciones históricas, difícilmente se podrán proporcionar datos suficientes para una exacta y verídica reconstrucción virtual del aspecto original de algún sitio en la antigüedad. **A través del análisis de los datos considerados importantes y de su correlación con fuentes históricas, es posible obtener una idea bastante detallada de la imagen original de las obras arquitectónicas y su entorno, pero se trata siempre de una**

idealización. La reconstrucción virtual se convierte, entonces, en la representación gráfica de una imagen ideal formada a través de la interpretación analítica de datos morfológicos e históricos reunidos.

El análisis formal se refiere al estudio de las características de los edificios en su contexto histórico. Las consideraciones estilísticas o procedimientos constructivos son de valiosa ayuda en esta etapa de cualquier procedimiento metodológico. Sin embargo, no puede obviarse la participación de otros análisis, como lo son el histórico, semiótico, hermenéutico, y axiológico.

El análisis histórico que es indispensable, se hace en relación con los períodos de ocupación del monumento o sitio del que se hace el modelo virtual.

Para el análisis semiótico, se necesita conocer sobre los

“El análisis histórico que es indispensable, se hace en relación con los períodos de ocupación del monumento o sitio del que se hace el modelo virtual.”

posibles usos simbólicos de la arquitectura en relación con el estudio antropológico del grupo social que la produjo.

La lectura hermenéutica se basa más bien en el análisis sensorial del espacio ocupado por el monumento, utilizando como referencia los estudios de la teoría de la Gestalt y su interpretación, por medio de juicios valorativos axiológicos.

Sólo una correcta lectura de la arquitectura, reforzando e individualizando los aspectos gramaticales relativos (morfología y sintaxis), permite realizar una válida y armónica representación gráfica.

La reconstrucción gráfica, inclusive muy detallada, de un objeto arquitectónico, ofrece, a quien la observa, una imagen simulada de la realidad; por tanto, será siempre el fruto de una síntesis, la transposición de un objeto tridimensional en un solo espacio bidimensional, por medio de instrumentos de

geometría descriptiva. Realizar este procedimiento implica la revalorización de algunos aspectos particulares a menos-cabo de otros y en consecuencia, se produce una discriminación y pérdida de datos.

El análisis iconográfico se hace utilizando el archivo documental de planos del sitio, elaborados por los distintos grupos de profesionales que lo han investigado en distintas épocas hasta los últimos ejercicios de levantamiento topográfico o fotogramétrico.

Para el caso de la iconografía, el estudio de grafismo y arte, objetos decorados, estelas, estucos, cerámicas, es decir, información de contexto, ofrece importante información. Es más, en muchos casos será la lectura del contexto la que permitirá reconocer el sentido del texto.

La síntesis figurativa será un modelo tridimensional, con atributos de color, tex-

“Es importante hacer notar aquí que la componente creativa no deja de jugar un papel predominante.”

tura, movimiento e inclusive sonido y expresión formal, que identifique a los edificios y su entorno, que tome en cuenta los análisis realizados anteriormente descritos.

Se concibe a esta síntesis como la suma de los elementos físicos: color, sonido, movimiento, tiempo, espacio; la que integra una unidad físico – psíquica. Color, elemento del espacio; sonido, elemento del tiempo; movimiento que se desarrolla en el tiempo y en el espacio. Estas Son las formas fundamentales de las nuevas artes.

Una meticulosa investigación de todos los elementos útiles, históricos y artísticos, así como la cuidadosa lectura e interpretación de relieves, representan seguramente, un aspecto imprescindible en una propuesta de reconstrucción virtual de arquitectura histórica; pero, no son todavía suficientes, si no vienen tomados en consideración otros parámetros.

Es importante hacer notar aquí que la componente creativa no deja de jugar un papel predominante, es decir que, al trabajarse los parámetros técnicos citados anteriormente por personas con capacidades creativas distintas, arrojarían indudablemente, resultados diferentes. Como técnica de las ciencias de la restauración esto se convalida pues en ningún momento se interviene físicamente en los edificios reales, todo el planteamiento se sitúa en la realidad virtual.

En este marco teórico entonces, los procedimientos interpretativos de la hermenéutica en relación a las capacidades de expresión gráfica mediante una retórica de la imagen, permitirán producir modelos virtuales que intentarán reproducir una Realidad Objetiva (R.O.) por medio de la Realidad Aumentada (R.A.) pasando por la Realidad Virtual (R.V.) de tal mane-

ra que puedan constituirse en verdaderos discursos arquitectónicos cargados de significado simbólico. El de la obra arquitectónica histórica.

Resumiendo, el marco teórico que respalda a los modelos virtuales deberá incluir los siguientes requisitos:

1. Investigación documental.
2. Estudio estilístico de casos semejantes, análogos e isomórficos.
3. Archivo de planos.
4. Archivo fotográfico, fílmico.
5. Escaneo de información gráfica.
6. Planteamiento de hipótesis formales
7. Búsqueda de rutas y ángulos para definición de recorridos visuales.
8. Chequeo evaluación de producto terminado.

Desde el año 2007 se han desarrollado modelos virtuales tridimensionales de sitios

arqueológicos mayas como parte del aporte de estudiantes del curso Análisis de la Arquitectura Prehispánica, como se indicó anteriormente, contando ya con recorridos virtuales de más de 60 sitios. Para la realización de estos modelos se ha debido recurrir a la idealización puesto que la información fidedigna inicial ha sido muy escasa y la capacidad investigativa de los estudiantes ha sido limitada. A veces han utilizado únicamente plantas arquitectónicas y volúmenes geométricos extremadamente simples elaborados in situ por personal del Instituto de Antropología e Historia IDAEH, sin tener un real acercamiento a los sitios modelados. Sin embargo, la calidad de los modelos y recorridos elaborados por los estudiantes ha ido en aumento en los últimos años.

Los temas de Realidad Virtual (R.V.) y de Realidad Aumentada (R.A.) han sido tocados en cursos de Teoría e Historia de la



Arquitectura, pero las técnicas de elaboración de esos trabajos no son parte del contenido programático del curso, por lo que los estudiantes buscan cada uno por su cuenta, la forma de elaborarlos.

Sin embargo la unidad de graduación de Farusac si ha aprobado investigaciones en las que la producción de modelos virtuales se convierte en objetivo y muchos graduandos han propuesto modelar edificaciones guatemaltecas de distintos períodos históricos. Algunos de los modelos presentados aquí tienen esa proveniencia.

2. Método



TABLA 1.

PASO	MÉTODO ANTERIOR. Tesis Maestría	NUEVO MÉTODO Investigación Difa
1ª Aprox.	Científica y verificable Curvas de nivel obtenidas con teodolito y/o estación total.	Científica y verificable obtenida por medio de cámara digital, aparato celular, drón, trípode, extensión, estabilizador, escáner, lidar.
2ª Aprox.	Volúmenes simples Esta es la representación más común entre los arqueólogos que no llegan a interpretar.	Nube de puntos procesados mediante programa específico: Recap, Remake, Sketchfab. Photoscan, Agisoft, Pix4D
3ª Aprox.	Elementos Arq. y Urb. Según conocimiento de estilos y épocas constructivas	Modelo fotográfico 3D con texturas modificables Recap, Remake, Sketchfab. Revit, Lumion, 3D Max
4ª Aprox.	Integración Plástica + Recorrido Según habilidad del intérprete y graficador.	Modelo virtual proyectable en pantalla, dispositivo electrónico. 3D y 4D
5ª Aprox.		Modelo R.V. y R.A. proyectable, utilizando variedad de programas tipo: Augment, Sketchfab, PhotoScan, Pix4D, Agisoft, Remake, con la posibilidad de llevarlos a fabricación digital.

Fuente: Elaboración propia



Una correcta interpretación de espacios para su reproducción virtual requiere tomar en cuenta los requisitos ya mencionados. Sin embargo, para principiar, el término “correcto” es relativo. Muchas veces los límites los presentan los medios o las capacidades para manejarlos. Cada vez hay más programas computarizados que permiten más apego a una realidad objetiva, pero manejarla implica poseer conocimientos y habilidades específicas. En muchos casos al trabajar reconstrucciones virtuales con estudiantes se ha llegado a establecer ciertos acuerdos, ciertos márgenes como por ejemplo trabajar con líneas rectas, ángulos reconocidos, aristas definidas, vértices que los edificios no necesariamente presentan. Por citar un ejemplo, los edificios preclásicos mayas no tuvieron líneas rectas, no presentaban una relación de huella contra huella en función de nuestra lógica, sino que todos

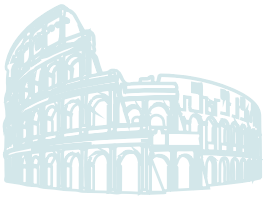
fueron modelados de manera plástica. Representar esas curvaturas resulta sumamente complejo con los programas de modelación del tipo CAD. Por lo tanto, trabajar con esos programas y esas convenciones conlleva el no ser tan “correcto” sino permitir aproximaciones más o menos aceptables en función del apego al edificio real y el uso de la tecnología disponible.

En FARUSAC se ha aceptado un procedimiento metodológico basado en aproximaciones sucesivas que van desde una primera, científica y verificable, la segunda volumétrica (hasta aquí representan espacios urbanos de sitios mayas los arqueólogos), la tercera que conlleva interpretaciones en función del conocimiento de técnicas constructivas y elementos estilísticos aunadas a las habilidades del graphicador. Y una cuarta en la que se promueven integraciones plásticas, movimiento, recorridos, para hacer más real



Figura 1. Atenas, Grecia.





la vivencia. Pero ese procedimiento es el que se pretende evaluar para adecuarlo a los nuevos avances tecnológicos.

En el ámbito internacional, los modelos virtuales se han desarrollado con el aval de las entidades que diseñan los programas computarizados (Software) y desarrollan los dispositivos que utilizan (Hardware). Guatemala y Farusac, están fuera de esa posibilidad. Sin embargo, lo que podría interpretarse como un obstáculo puede verse también como una ventaja puesto que no se tiene la obligación de trabajar con determinados métodos y con relativa libertad se pueden mezclar procedimientos.

En FARUSAC ya se ha incurriendo en el uso de tecnología digital para el procesamiento de imagen, con la premisa de no requerir tecnología cara o fuera del alcance de la capacidad económica institucional: En

la unidad de Teorías e Historias, elaborando junto a los estudiantes, modelos tridimensionales de obras escultóricas, pictóricas y arquitectónicas emblemáticas en R.A., En el curso Análisis de la Arquitectura Prehispánica, como parte de la expedición anual que se hace a El Mirador, y muy especialmente, en un proyecto sui generis en el que participan docentes y estudiantes de FARUSAC: En el Real Sitio di Carditello, Nápoles, Italia, en el templo rupestre de Bobastro, Málaga, España, aunque en esos casos internacionales Farusac ha podido contar con equipos que son propiedad de otras universidades. Algunos resultados de esos trabajos se publicaron en la CLEFA INTERMEDIA celebrada en septiembre del año 2018.

Para dar continuidad a esa línea de investigación, que ha sido constante y que se ha publicado por distintos medios, se propuso la elabo-



Figura 2.
El Coliseo, Roma.

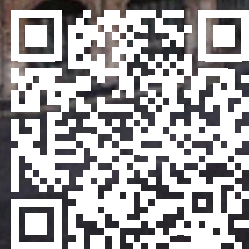
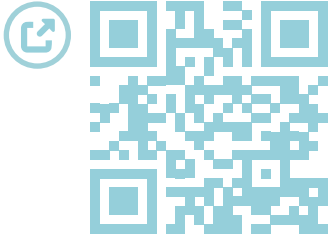


Figura 4. Rome Reborn.



ración de modelos en R.V. y R.A. de sitios guatemaltecos históricos, revisando métodos y procedimientos y proponiendo nuevos, actualizados.

En el ámbito internacional:

MODELOS VIRTUALES EN PROYECTOS INTERNACIONALES

AirPano es un proyecto creado por un equipo de fotógrafos rusos centrados en tomar fotografías aéreas y videos de 360 grados de alta resolución. Hoy AirPano es considerado el recurso más grande del mundo, por cobertura geográfica, número de fotografías aéreas y calidad artística y técnica de las imágenes, con vistas panorámicas y videos de 360° de la mejor calidad, desde la vista de pájaro. AirPano es uno de los referentes de este proyecto en función de lo que se quiere alcanzar.

<http://www.airpano.ru/files/Athens-Greece/2-3-2>

<http://www.airpano.ru/files/Italy-Rome-Colosseum/2-2>

El proyecto Rome Reborn (Roma renacida). Un equipo de historiadores estadounidenses de la Universidad de Indiana, dirigido por Bernard Fischer, creó un modelo tridimensional de la Antigua Roma que muestra la ciudad tal y como era en el año 320 d.C. cuando supuestamente la ciudad alcanzó su máximo esplendor, antes de la división del imperio y la nominación de Bizancio como capital oriental. El trabajo reprodujo informáticamente los 25 km² que ocupó Roma en la antigüedad con mucho detalle. Los creadores del proyecto dejaron prevista la evolución del modelo para introducir cambios en función de nuevos hallazgos y nuevos usos, tanto así que el modelo ha sido solicitado por compañías productoras para ambientar

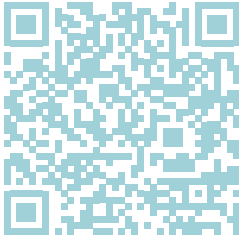


ROME

Figura 3. Rome Reborn.



Figura 5. Desarrollan una tecnología que permite reconstruir monumentos virtualmente.



videojuegos. <http://romereborn.frischerconsulting.com/>
<https://vimeo.com/32038695>

El grupo de investigación FutureLab de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ha desarrollado un prototipo de Realidad Aumentada que permite reconstruir virtualmente monumentos singulares y obtener la imagen en formato PDA legible por teléfonos móviles y ordenadores en una especie de fotografía 3D. Han modelado con esa tecnología la Puerta de Alcalá, el Coliseo de Roma, el Edificio Veles e Vents. La metodología que utilizan puede servir en el futuro para “reconstruir” virtualmente edificios en ruinas y sus aplicaciones abarcan desde el ámbito educativo y cultural, hasta el turístico, comercial, de ocio e incluso médico. <http://www.20minutos.es/noticia/362247/0/realidad/virtual/monumentos/>

Konstantinos Gavras, director del cine franco griego, realizó para el Hellenic Ministry of Culture y el Hellenic Cultu-

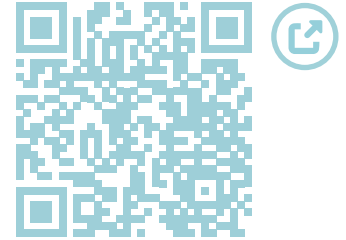
re Organization S.A. un video documental que expone con lujos de detalles el desarrollo histórico del Parthenon de Atenas, desde el año 3,000 a. C. cuando el lugar no era más que un montículo de piedra, hasta, 1.811 d.C. cuando el Parthenon fue desmantelado por los ingleses. Detallando sistemas constructivos, distintos momentos en obra, terremotos, incendios, saqueos con especial habilidad técnica. <https://www.youtube.com/watch?v=aGitmYl6U90>

Actualmente en Atenas se pueden realizar recorridos en Realidad Aumentada (R.A.) en los que se proporciona a los turistas participantes, dispositivos móviles tipo tablets, que les permiten sobreponer a la imagen real de los edificios en ruinas, la imagen de su estado en otro momento histórico. El de su mayor esplendor. <https://www.youtube.com/watch?v=8KA0C26Vzs8>

En el ámbito nacional:



Figura 6. Atenas.



MODELOS VIRTUALES EN PROYECTOS NACIONALES

Con la finalidad de brindar una experiencia única y virtual en 360° de los destinos turísticos más importantes del país, comprendidos en 7 regiones, el Instituto Guatemalteco de Turismo INGUAT, lanzó en el año 2016 su proyecto de promoción tecnológica Guatemala Virtual, por medio de un equipo de cámaras y drones. Un grupo de profesionales de Google Street View captó más de 40,000 imágenes en 6 meses aproximadamente, para lograr incorporarlas a Google Maps un tour por el país y las páginas de promoción turística del Instituto. El proyecto fue dirigido por el Sr. Rodrigo Moreno.

modelo digital para R.V. y R.A. que se llevó incluso a fabricación por medio de impresora 3D del Real Sitio di Carditello, como parte del proyecto de investigación “Buscando nuestras Raíces Neoclásicas” y se presentó en un evento de carácter internacional: CLEFA intermedia, en la Ciudad Universitaria USAC. El modelo elaborado permite recorridos con tiempo y vistas de 360 grados de cada una de las estaciones fotografiadas.

Especificando lo expresado anteriormente, aquí se presentan los vínculos en línea que muestran publicaciones realizadas sobre la temática de investigación propuesta, en la que se ha empleado la metodología y procedimientos que se revisaron y replantearon para ser actualizados.

En el ámbito de FARUSAC

En el mes de Junio del año 2017, un grupo de estudiantes y un docente, elaboraron un

Figura 7. Partenón de Atenas.

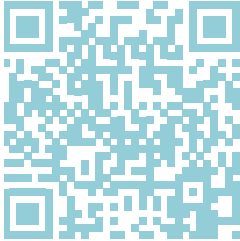


Figura 10.
Real Sito di Carditello





CIVILIZACIÓN MAYA
EN GUATEMALA
GUATEMALA VIRTUAL

360

Conoce más aquí

Figura 8. Modelos virtuales en proyectos nacionales.



MODELOS VIRTUALES EN PROYECTOS DE GRACUACIÓN FARUSAC

Reconstrucción Virtual de la Sagrada Isla Topoxté. Publicada en el Museo Virtual Precolombino UNAM. Puede verse en Youtube en la siguiente dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=qvvYr-TeSbxM> o en la página del Museo: <http://arquitectura.unam.mx/museo-virtual-precolombino.html>

Tesis de Arquitectura que apoyaron la tesis doctoral del Arq. Danilo Callén: Arq. Anibal Josué Monterroso Alvarado: Edificio 375 de Yaxhá. Puede verse en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2001.pdf

Tesis del Arq. Ariel Jonathan Ajché Ixcot. Edificio 216 de Yaxhá. Puede verse en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2134.pdf

Tesis del Arq. Pedro Gordillo Barillas, Las calzadas de Yaxhá.

Puede verse en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2172.pdf

Tesis Doctoral del Arquitecto Danilo Ernesto Callén Álvarez. Titulada: Aproximación Metodológica, para la lectura e interpretación de edificios monumentales del sitio arqueológico Yaxhá, Guatemala. Puede verse en: http://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/tesis_call%C3%89n_2014.pdf

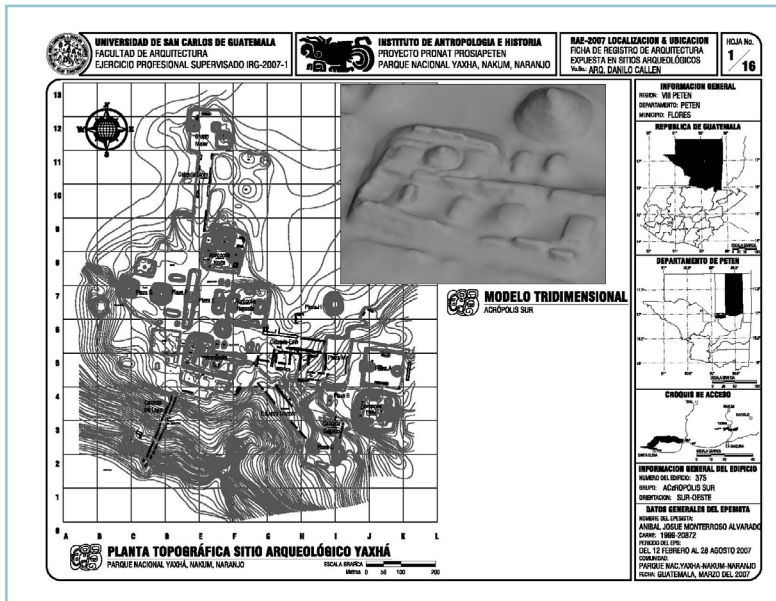
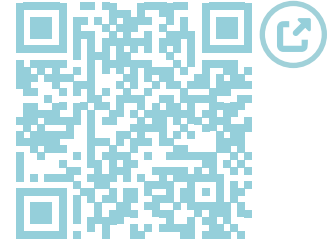


Figura 11. Acrópolis sur.



Yaxha modelo Virtual de Arquitectura Volumétrica

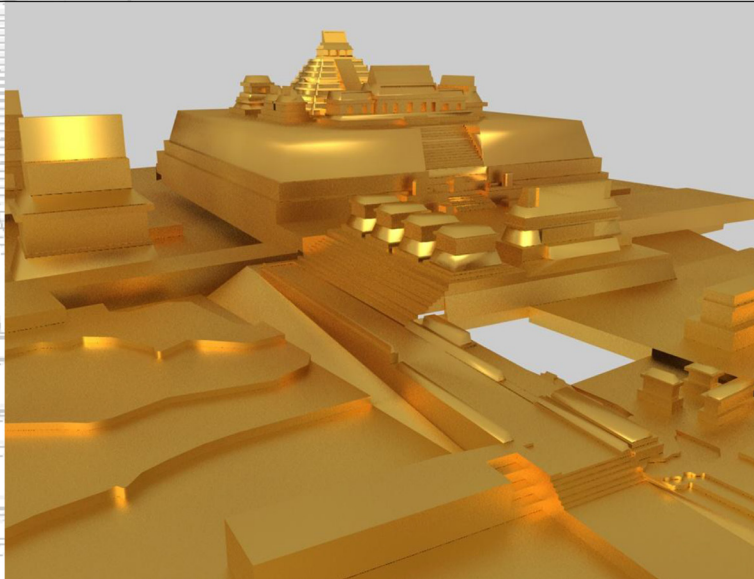


Imagen Digital Ariel Jonathan Ajche Ixcot 2007-2008.

Figura 12. Yaxha modelo virtual de arquitectura volumétrica.

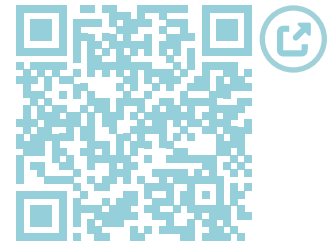




IMAGEN 93: Pintura Mural que apareció en uno de los Santuarios en el Templo de los Guerreros, Chichen Itzá, Tolleca, en el Posclásico. Nótese las chozas que son similares a la de los Mayas y que siguen actualmente en uso.

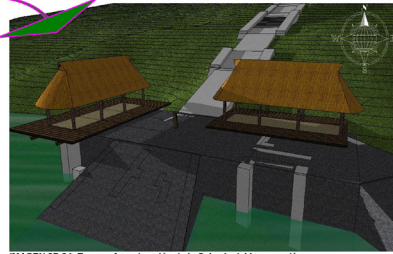


IMAGEN 3D 94: Tercera Aproximación de la Calzada del Lago, andén. Idealización.

Figura 13. Modelo virtual Yaxhá.

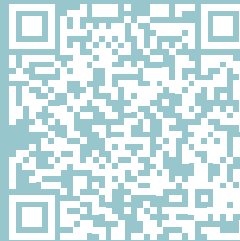


Figura 14. Las calzadas de Yaxhá.

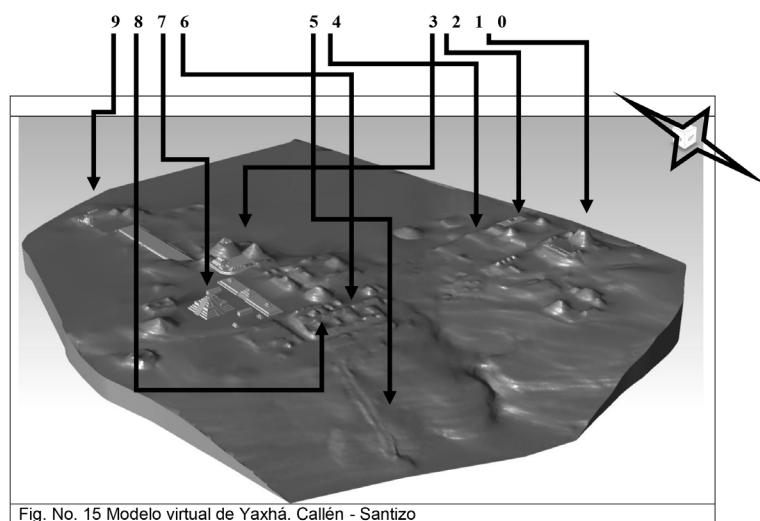
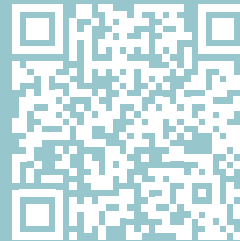


Fig. No. 15 Modelo virtual de Yaxhá. Callén - Santizo



Figura 15. Análisis de espacios libres.

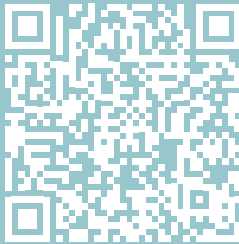
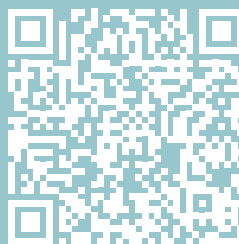


Figura 16. Reconstrucción grafica el Naranjo



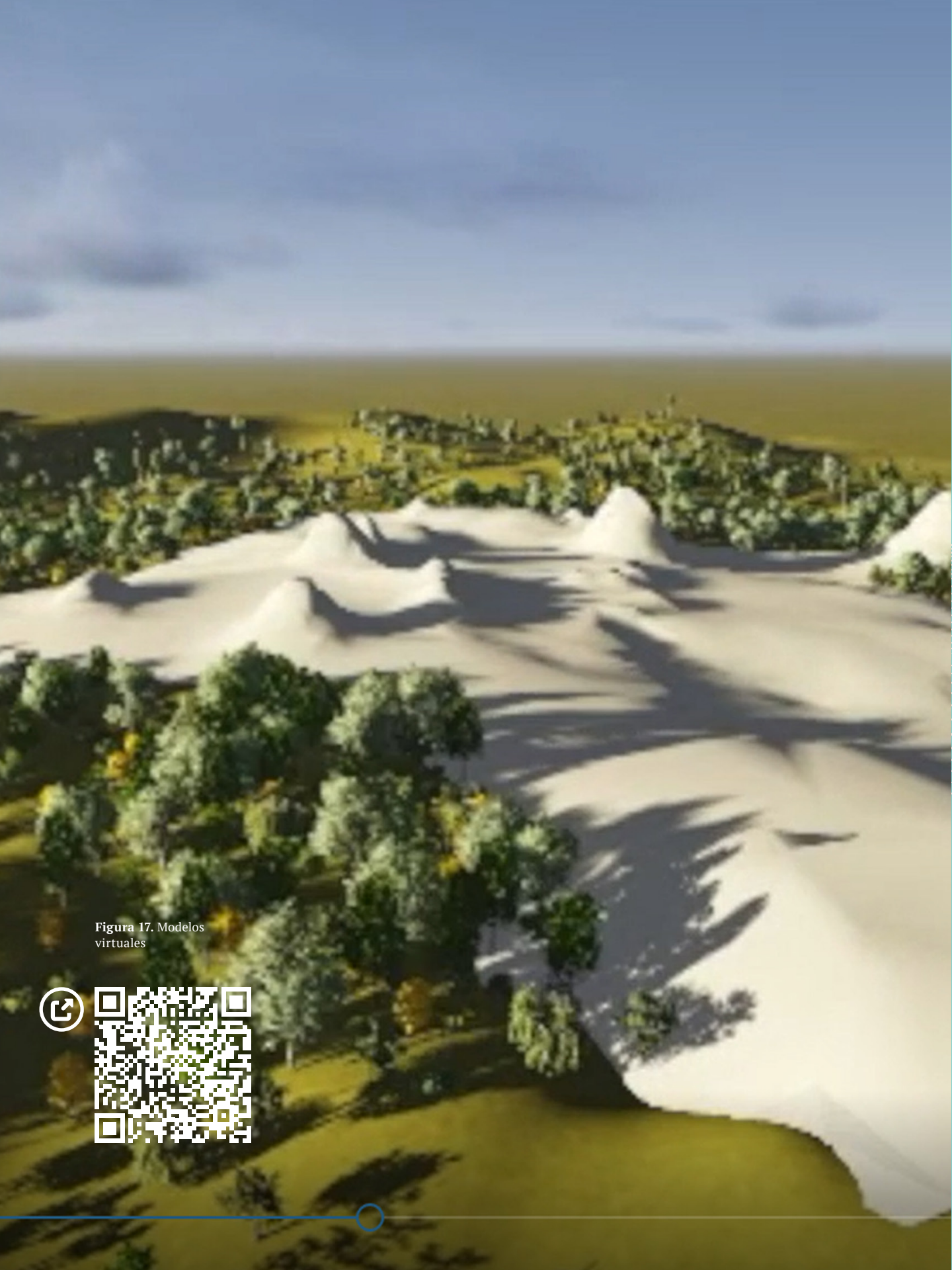


Figura 17. Modelos
virtuales



3. Resultados



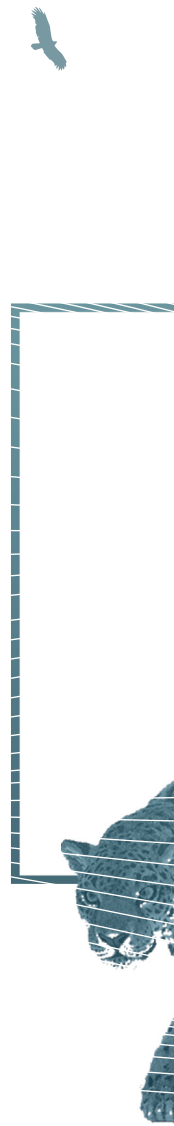
Resultados Obtenidos

**MODELOS ELABORADOS PARA
ESTA INVESTIGACIÓN
ARQUITECTURA PREHISPÁNICA**

Modelo en nube de puntos de pirámide superior de La Danta, Mirador
 Modelo en nube de puntos de escalera superior de pirámide El Tigre, Mirador
 Modelo en nube de puntos de mascarones del templo Garra de Jaguar, Mirador
 Modelo en nube de puntos de escalinata inferior de La Danta, Mirador
 Modelo en nube de puntos de pirámide La Pava, Mirador
 Modelo en nube de puntos de Grupo Maler, Yaxha

ARQUITECTURA COLONIAL

Modelo en nube de puntos de Ermita de Nuestra Señora de los Dolores del Cerro. A.G.
 Modelo en nube de puntos del templo San José El Viejo, A.G.
 Modelo en nube de puntos de la Iglesia Vieja de Chiquimula
 Modelo en nube de puntos del Puente de los Esclavos, Chiquimula
 Algunos de los modelos se presentan en archivos del Drive Google Farusac según anexos.





vaxhác

4. Discusión

gt

¿Qué función tiene una reconstrucción virtual?

Tiene muchas funciones, en la docencia permite experiencias muy similares a las percibidas en la realidad. Aunque nada sustituye vivir el espacio arquitectónico real. O la posibilidad de compartir la información con otros profesionales como cuando se producen modelos en laboratorio y se envían por correo a otros laboratorios para añadidos y correcciones.

Los recorridos virtuales son complementarios de los dibujos en 2D. Pero la 4ª dimensión, el tiempo, que los caracteriza permite una dinámica que contiene información distinta. Los efectos de perspectiva preconcebidos al moverse, para generar experiencias especiales, estados de ánimo, asombro, sorpresa, expectativa, solo para citar algunos ejemplos de efectos manejados en el recorrido con tiempo, hacen del recorrido virtual una puesta en escena en perspectivas vivenciales, de esos efectos destinados a re gene-

rar esas sensaciones en el público que los aprecia.

¿Cuál es el uso de los modelos virtuales en la conservación del patrimonio?

Muchas de las intervenciones practicadas en edificios patrimoniales son lamentablemente irreversibles. Sobre todo, si se usan técnicas de intervención con materiales sólidos. En algunos casos conllevan a la pérdida del edificio que se quiere preservar resultando totalmente improcedentes. Esto hace imprescindible tener un modelo en realidad virtual en el que se pueden probar muchos de los efectos de la intervención antes de llevarla a cabo. Esta evaluación previa de las intervenciones sirve de instrumento de diagnóstico y pronóstico. Permite definir lo que se puede y no se puede hacer antes de hacerlo, además de compartir las propuestas con otros profesionales, todo, sin tocar al edificio.

Una vez realizado el modelo virtual, mediante el uso de dispositivos electrónicos de tipo económico y accesible, como teléfonos celulares o tablets; se procede a elaborar modelos en Realidad Aumentada para proyectarlos, a manera de hologramas.

Otra de las aplicaciones de estos procedimientos es la de obtener modelos análogos a escala, imprimiendo los archivos utilizando impresoras 3D

Las imágenes obtenidas tanto con los procedimientos como con los resultados finales, se podrán editar para publicar en afiches, revistas, libros o por medio de redes sociales; pudiéndose incluir lectores de códigos QR.

Puede afirmarse que los procedimientos y métodos de registro de patrimonio utilizados en FARUSAC, fueron generados enteramente en la institución, especialmente en lo referente a las cuatro aproximaciones que van desde el registro científico verificable de monumentos hasta elaborados modelos presentados

en recorridos virtuales empleando cuatro dimensiones. Por ello, fue pertinente que la propia Facultad plantease la revisión de los mismos procedimientos por medio de los profesionales que los han propuesto desde el inicio y que se han actualizado constantemente.

Por otra parte, las situaciones de riesgo de distintos tipos en que se encuentran los monumentos históricos, tales como riesgos por sismos, deslizamientos, huracanes, etc, incluyendo las situaciones provocadas por los mismos seres humanos con o sin consciencia de los daños que producen las alteraciones, hacen necesario contar con registros exhaustivos de su morfología cambiante en el tiempo. La morfología de un monumento no permanece inalterada, evoluciona, se desarrolla, pero también se destruye y desaparece. Como el monumento puede llegar a representar el estado de la entera sociedad que lo crea, es imprescindible el registro cuidadoso de su morfología en los distintos estatus de su permanencia correlacionados al desarrollo de la sociedad en esos momentos. Por lo que el establecimiento de métodos y

procedimientos profesionales para su correcto registro, es imperativo.

Se han dado casos en los que monumentos han desaparecido, pero como se realizó algún registro, se tiene constancia de su existencia. Tal es el caso del patrimonio fílmico o fotográfico registrado en películas antiguas. El Dr. Edgar Barillas apunta: ¹

Dos noticieros fílmicos de la Tipografía Nacional de Guatemala, sin aparente vinculación entre sí, permiten un acercamiento a la utilización de la imagen del patrimonio edificado en la construcción de la historia nacional. La primera película, de 1993, nos informa acerca de las obras de remozamiento del espacio público conocido como “Cerrito del Carmen” en la Ciudad de Guatemala, en un estilo arquitectónico de reminiscencias coloniales. La otra película, de 1937, da cuenta de las excavaciones en dos montículos del sitio prehispánico “Kaminaljuyu”. Ambas fueron filmadas durante la administración del presidente Jorge Ubico (1931 – 1944), período en que se reescribió la historia del país.

Lo que nos permite conocer ahora el estado en el que se encontraban las edificaciones en fechas pasadas.

Los arqueólogos han llegado a considerar que el registro de la edificación puede llegar a sustituir a la edificación misma. Esto lo afirman al realizar intervenciones de rescate cuando se harán construcciones nuevas que eventualmente destruirán evidencia arqueológica. Si en la investigación aparece algo de relativa importancia, se registra primero y luego se destruye para dar espacio a la nueva construcción. Si el registro va a sustituir a la evidencia, es necesario que este se haga de la mejor manera posible.

Por todo ello, la opción de paso de la Realidad Objetiva (R.O) a la Realidad Aumentada R.A.) pasando por la Realidad Virtual (R.V.) planteada en esta investigación se presenta como un recurso de vital importancia.

La riqueza patrimonial edificada del guatemalteco es inmensa, por lo que se hace necesario realizar un ejercicio de registro planificado.

1. Edgar Barillas, Academia
(México D.F. UNAM
ISSN 2015) 25 – 39

5. Agradecimientos



Especiales agradecimientos a las personas e instituciones que colaboraron en la realización de esta investigación.

Universidad Federico II di Napoli, Italia
Arquitecta Carolina Collaro, por su apoyo en el Real Sito di Carditello

Osservatorio Sito Unesco Centro Storico di Napoli
Dr. Gabriele di Napoli

Universidad de Jaén, España
Dr. Francisco Feito, por su apoyo en el Templo Mozárabe de Bobastro
Dr. Carlos Enríquez, por su apoyo y equipos en Málaga y en Linares, España
MSc. Juan Manuel Jurado, piloto de drones y procesador de imágenes

Universidad de San Carlos, Guatemala
Dr. Byron Rabe y MSc. Edgar López Pazos, por los permisos gestionados
Lic. Mariella Pérez, MSc. Madelein Benfeld, por las gestiones internacionales
Ing. Murphy Paiz, por acelerar los trámites por pasajes aéreos.

Al equipo colaborador en todo momento:

Arq. Pablo Marroquín, piloto de drones y procesador de imágenes
Arq. Gabriel Espina, modelador
Arq. Edgar Osla, modelador
Arq. Alexandro Bailey, modelador
Arq. Javier Borrayo, modelador
Arq. Carmen Higueros, modeladora
Consejo para la Protección de Antigua
M.Sc. Norman Muñoz

6. Bibliografía



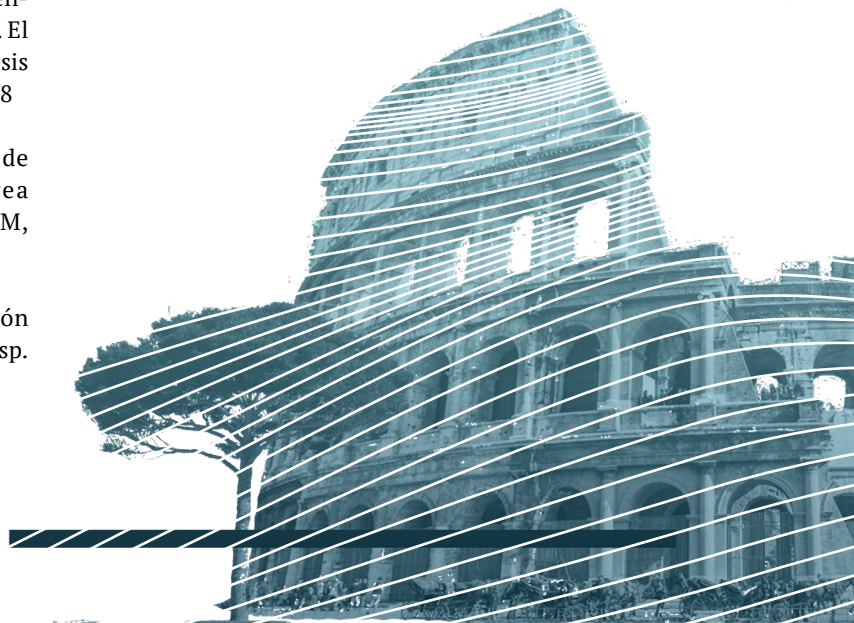
Alvarado, Roberto. El papel de los sistemas CAD en el proceso de diseño arquitectónico, mitos y realidades. Tesis de maestría UNAM, México D.F. 2001

Callén, Danilo. Aproximación metodológica, para la lectura e interpretación de edificios monumentales del sitio arqueológico de Yaxha. Tesis doctoral. UNAM - USAC. México D.F. 2014

Lagriffoul, Genevieve. La computación visual aplicada a la documentación y estudio de monumentos. El sitio arqueológico de Cacaxtla. Tesis doctoral UNAM, México D.F. 1998

Sellier, Alberto. Vitalización de ciudades prehispánicas, area maya. Tesis de maestría UNAM, México D.F. 1980

Van Herck, Jan. La recuperación espacial de la Arquitectura Prehisp. Tesis UNAM, México D.F. 1985



χ ψ

δ ε

7. Anexos



MODELOS PREHISPÁNICOS



Figura 18. Reconstrucción grafica el Naranjo



Figura 19. Modelo Cascabel

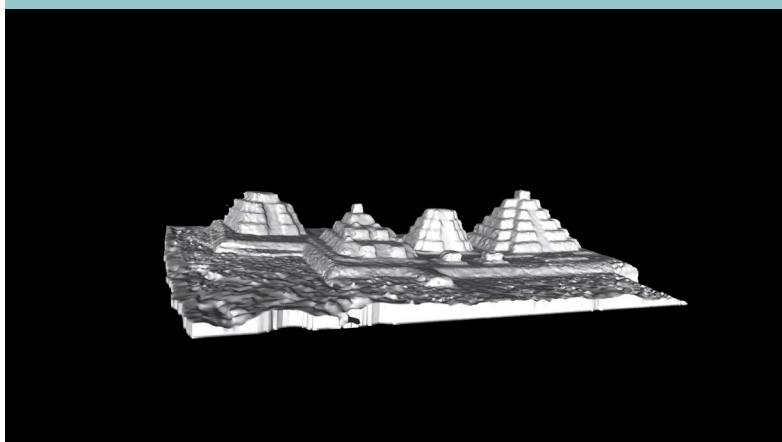
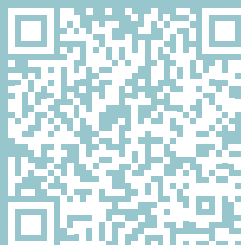




Figura 20.
Foto grupo El Tigre



Figura 21.
Foto grupo La Danta

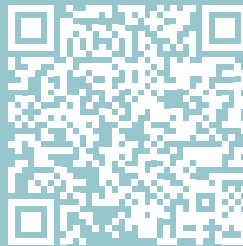




Figura 22. Foto histórica 1
Maler Yaxhá

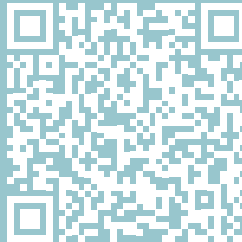


Figura 23. Video
Reconstrucción virtual
El Sotz

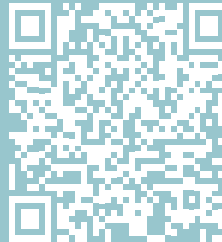




Figura 24.
Foto grupo descanso.



Figura 25.
Foto Héroes Gemelos.

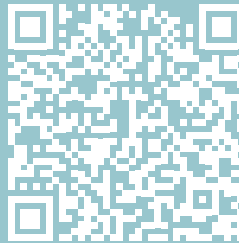






Figura 26. Foto Florido.



Figura 28.
Foto Héroes Gemelos.

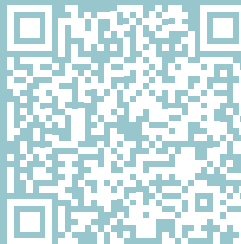


Figura 27. Foto La Muerta

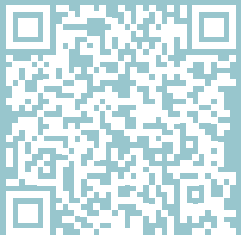
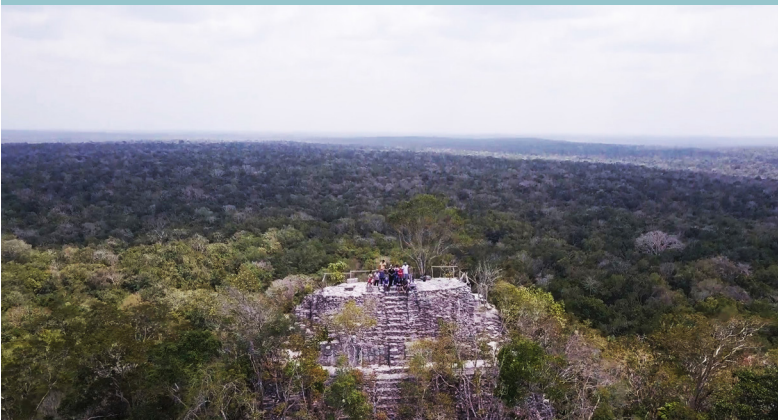


Figura 29.
Video dron La Danta



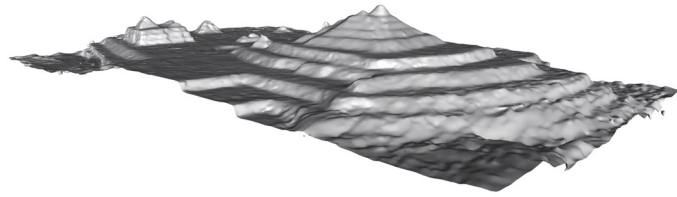


Figura 30. Modelo
La Danta

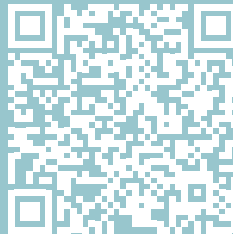


Figura 31. Video dron La
Danta.

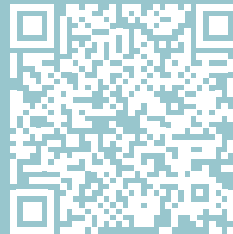
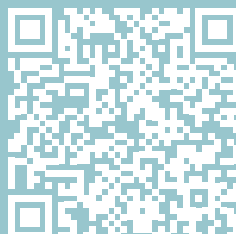




Figura 32. Video Nube de puntos La Danta



Figura 33. Video dron La Muerta.



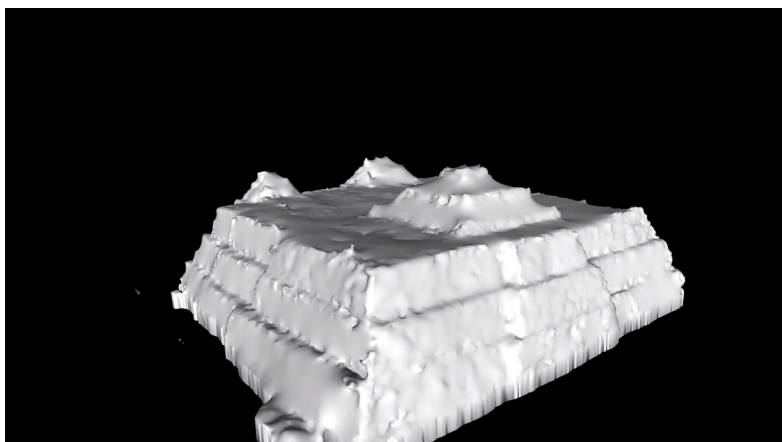


Figura 34. Video La Pava



Figura 35. Video Nube de puntos La Pava

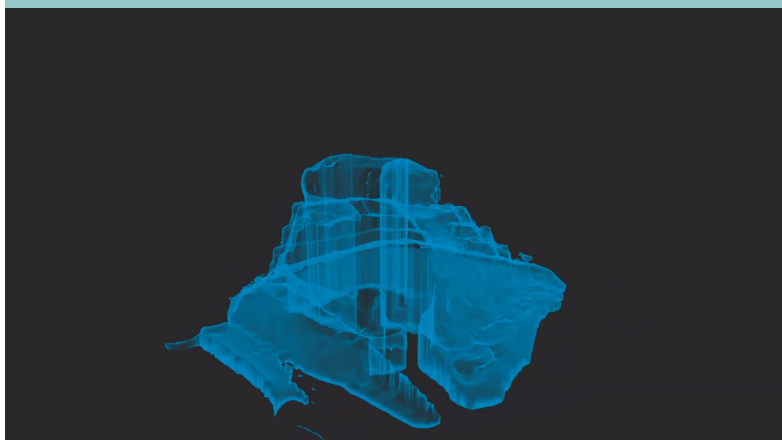




Figura 36. Video dron
Héroes Gemelos

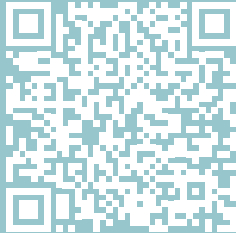


Figura 37. Video salidaEl
Mirador.





Figura 38. Video dron
1 Yaxhá



Figura 39. Video dron
2 Yaxhá



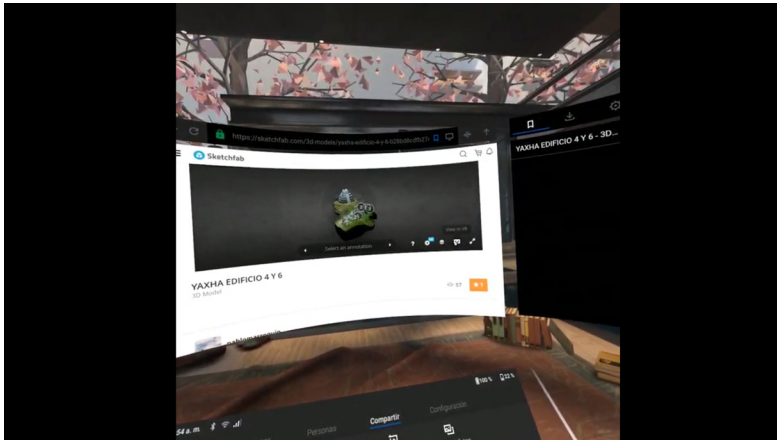


Figura 40. Video Oculus
Maler Yaxhá

Figura 41. Video
Reconstrucción virtual La
Danta

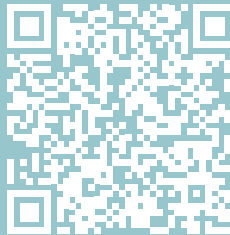
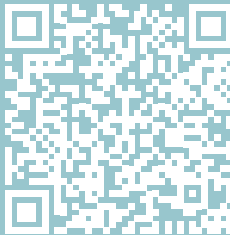
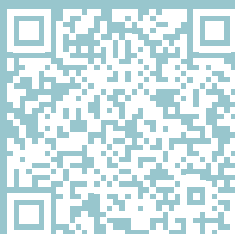




Figura 42.
Video intro DIFA-DIGI



MODELOS COLONIALES



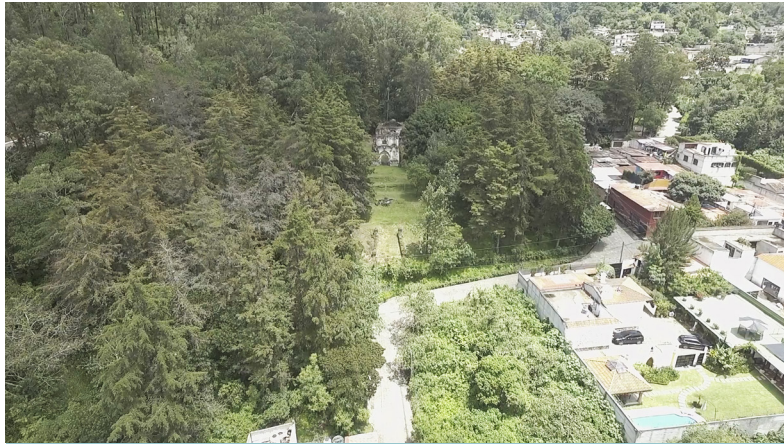


Figura 43. Video dron
Dolores exterior.

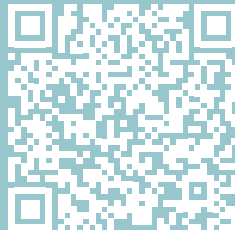


Figura 44. Video dron
Dolores interior.

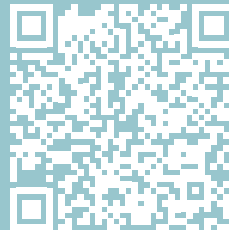




Figura 45. Video dron Dolores superior.

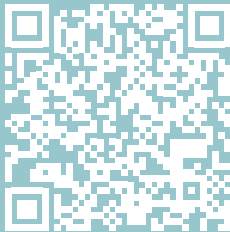
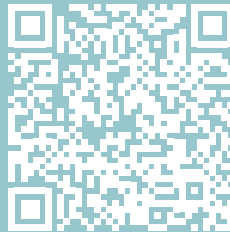


Figura 46. Video Nube de puntos Dolores.



Fachada San José el Viejo Antigua

Informe de procesamiento

01 September 2019

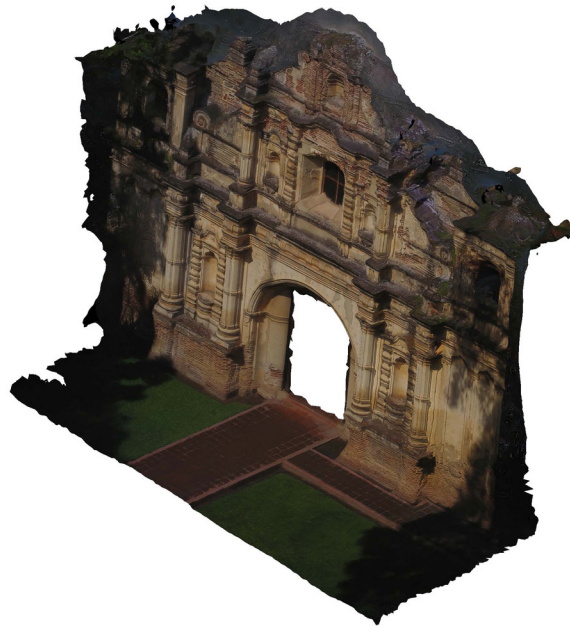
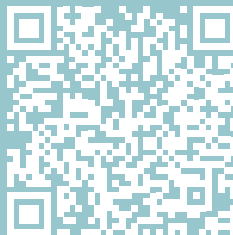


Figura 47. Información
técnica San José el Viejo A.



Fachada San José el Viejo Antigua

Informe de procesamiento

31 August 2019



Figura 48. Información
técnica San José el Viejo B.

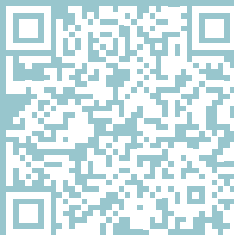




Figura 49. Video dron
Iglesia Vieja superior.

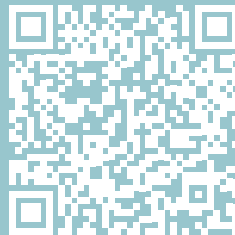


Figura 50. Video Nube de
puntos San José el Viejo.

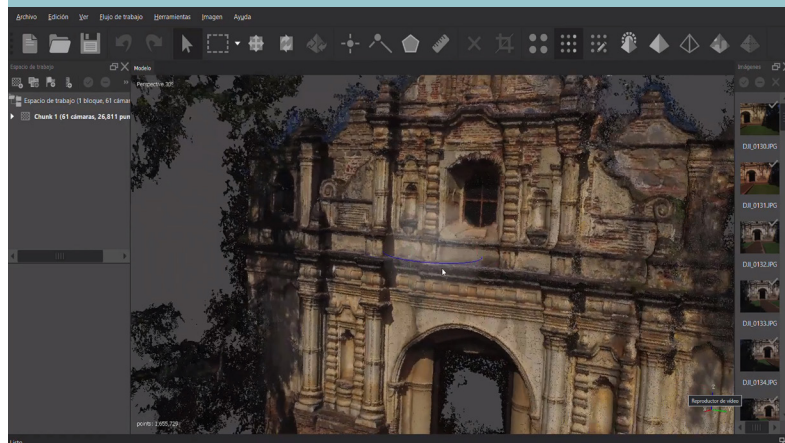
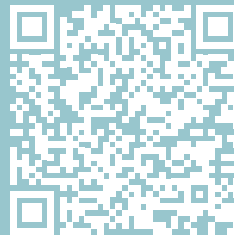




Figura 51. Video Nube de puntos San José el Viejo interior.

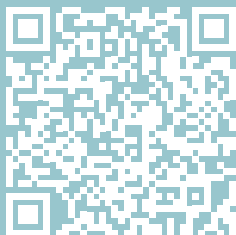


Figura 52. Video Nube de puntos San José el Viejo interior.

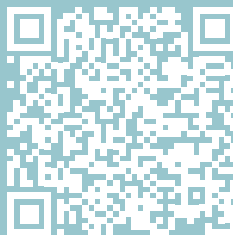




Figura 53. Video Nube de puntos Tridentino Fachada.

Figura 54. Video intro DIFA 18.

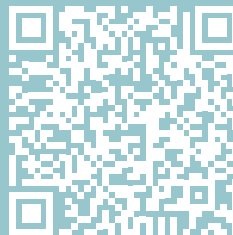
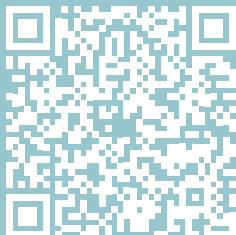




Figura 55. Nube de puntos
Tridentino Espadaña.

Figura 56. Video Nube de
puntos San José el Viejo
interior

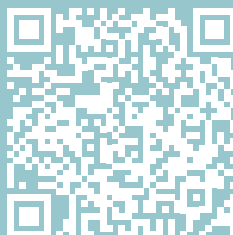
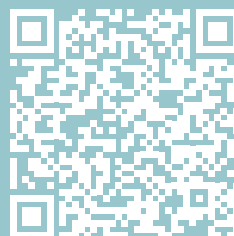




Figura 57. Video Nube de puntos San José el Viejo.



Figura 58. Real Sito di Carditello



<https://www.fondazione-carditello.org/website/>

Fotografía. Dr.
Danilo Callén



PROYECTOS EN EJECUCIÓN

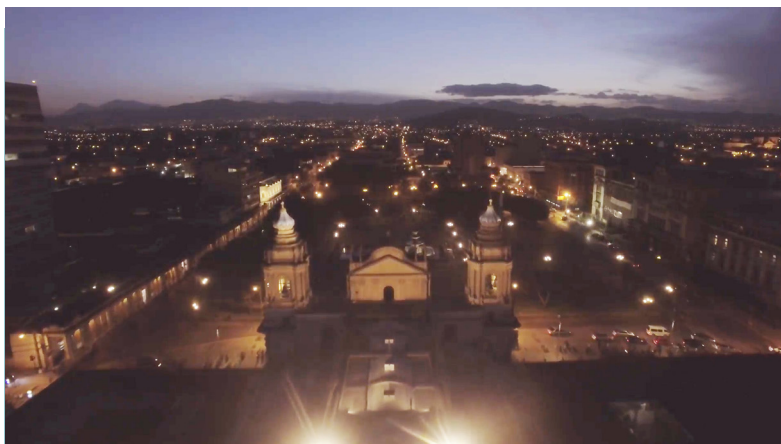


Figura 58. Video dron
Catedral posterior.



Figura 59. Video dron
Catedral frontal.

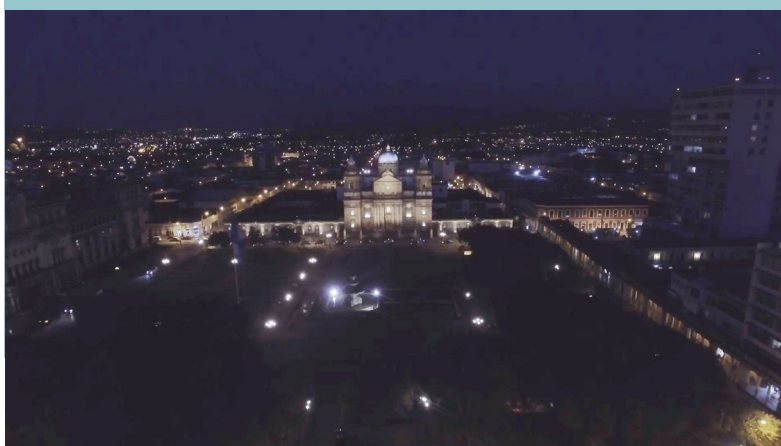




Figura 60. Video dron
Catedral fachada.



Figura 61. Video dron
Catedral escorzo.





Figura 62. Video dron
Catedral cuerpos.

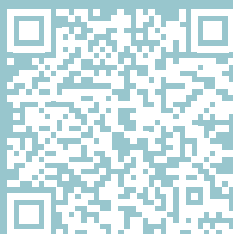


Figura 63. Video dron
Catedral rotativo izquierdo.





Figura 64. Video dron
Catedral rotativo derecho.

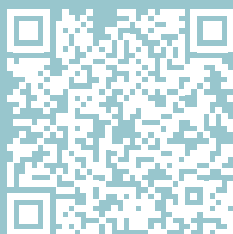


Figura 65. Video Nube de
puntos Federación Jutiapa.

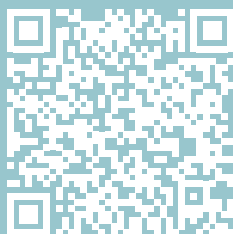




Figura 66. Video Nube de puntos Federación Mita.





FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

